

KARAKTERISTIK KURVA ISOTHERM SORPSI AIR TEPUNG JAGUNG INSTAN

Moisture Sorption Isotherm of Instan Corn Flour from Four Variety of Corn

Nur Aini, Vicentius Prihananto, Gunawan Wijonarko

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman,
Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto, 53123
Email: nuraini_munawar@yahoo.com/nuraini@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Proses instanisasi tepung diperkirakan akan mempengaruhi kadar air kesetimbangan sehingga mengubah sifat produk. Tepung jagung instan, sebagai bahan baku pangan semi basah perlu ditentukan kadar air kesetimbangannya menggunakan kurva isotherm sorpsi air. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) sangat berperan dalam sistem pengeringan makanan, terutama untuk memprediksi umur simpan makanan yang mempunyai kadar air rendah. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung instan dari empat varietas tepung jagung serta memprediksinya menggunakan metode BET (Brunauer-Emmett-Teller) dan GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung instan mempunyai bentuk kurva *isotherm sigmoid* (tipe II) pada keempat varietas tepung jagung. Kurva ISA tepung jagung berdasar percobaan mendekati prediksi model GAB hampir pada semua aktivitas air. Model BET lebih tepat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer (air terikat primer) pada tepung jagung instan, dan nilai air terikat primer pada tepung jagung instan sebesar 3,300 sampai 3,690 persen.

Kata kunci: Isotherm sorpsi air, tepung jagung, sigmoid, GAB, BET

ABSTRACT

Instantiation of flour was expected to affect the equilibrium moisture content which changes the nature of the product. Instant corn flour as raw material of semi-moist foods should be determined of its equilibrium moisture content using the curve of moisture sorption isotherm. Curves of moisture sorption isotherm plays an important role in food drying system, particularly for predicting the shelf life of foods that have low water content. The research was aimed to obtain moisture sorption isotherm curve of instant corn flour from the four varieties of maize, and predicted using the BET (Brunauer-Emmett-Teller) and GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer). Results of the study showed that the moisture sorption isotherm curve of instant corn flour had the sigmoid form (typeII) for all of variety. In most water activities, the moisture sorption isotherm curve of the instant corn flour were relevant to GAB model. BET model was more appropriate to estimate the value of water monolayer (primary bound water) and primary bound water in the instant corn flour; and the value obtained were 3.300 to 3.690 percent; respectively.

Keywords: Moisture sorption isotherm, corn flour, sigmoid, GAB, BET

PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu jenis pangan berpati yang potensial sebagai sumber energi. Beberapa varietas jagung dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan potensial bagi manusia. Satu kelebihan jagung adalah harganya yang cukup murah dibandingkan dengan jenis sereal lain seperti

padi atau gandum. Tepung jagung merupakan produk antara pengolahan jagung yang luas penggunaannya untuk berbagai produk pangan. Selain itu, dalam bentuk tepung juga mempermudah penanganan, memperpanjang umur simpan, serta lebih mudah difortifikasi atau disuplementasi dengan bahan lain.

Proses instanisasi diperlukan pada pembuatan tepung untuk produk siap saji, misalnya bubur siap saji. Proses instanisasi tepung diperkirakan akan mempengaruhi kadar air kesetimbangan sehingga mengubah sifat produk (Moreno dkk., 2003). Tepung jagung instan, sebagai bahan baku pangan semi basah perlu ditentukan kadar air kesetimbangan menggunakan kurva isotherm sorpsi air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Oyelade dkk. (2008) bahwa bahan pangan setelah diolah mempunyai sifat yang sangat higroskopis, yaitu dapat menyerap air dari udara di sekelilingnya dan sebaliknya dapat melepaskan sebagian air yang terkandung di dalamnya ke udara. Sifat-sifat ini dapat digambarkan dengan kurva isotherm sorpsi air (ISA).

Kurva isotherm sorpsi air (ISA) menyatakan hubungan antara kadar air (basis kering) bahan dengan kelembaban relatif (relative humidity/RH) atau aktivitas air pada suhu tertentu. Moisture sorpsi isotherm dapat ditunjukkan dalam bentuk kurva isotherm sorpsi yang khas pada setiap bahan. Beberapa penelitian tentang karakterisasi tepung dan pati jagung telah dilakukan, antara lain sifat gelatinisasi tepung dan pati jagung telah dilakukan, antara lain sifat gelatinisasi tepung dan pati jagung putih (Aini dan Hariyadi, 2010; Aini dkk., 2010), sifat kimia dan sifat fisik (Sandhu dkk., 2007; Chanvrier dkk., 2005). Kebanyakan laporan tersebut membahas tentang karakter kimia, fisik atau profil reologi tepung jagung. Belum banyak di antara penelitian-penelitian tersebut yang membahas tentang tepung jagung dalam hubungannya dengan karakter isotherm sorpsi air. Penelitian tentang kurva isotherm sorpsi air yang ada antara lain pada tapioka oleh Adebawale dkk. (2007) yang menyatakan bahwa beberapa varietas tapioka memiliki pola isotherm sama.

Kurva isotherm sorpsi air penting untuk pendugaan waktu pengeringan, pengemasan dan kemantapan bahan selama penyimpanan. Menurut Al-Muhtaseb dkk. (2002), kurva isotherm sorpsi air sangat berperan dalam pengeringan makanan, terutama untuk memprediksi umur simpan makanan yang mempunyai kadar air rendah. Model-model persamaan isotherm sorpsi air yang ada antara lain Langmuir, BET (Brunauer-Emmett-Teller), Henderson, GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer) dan lain-lain (Furmaniak dkk., 2009). Masing-masing model mempunyai kesesuaian, seperti hanya berlaku pada daerah kelembaban relatif tertentu, pendekatannya satu arah yaitu adsorpsi atau desorpsi dan tidak seluruh model dapat diterapkan pada bahan pangan (Moraes dkk., 2008). Diantara persamaan tersebut yang paling sering digunakan untuk memprediksi ISA pada bahan pangan adalah model BET dan GAB.

Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh kurva ISA tepung jagung instan dari empat varietas tepung jagung serta memprediksinya menggunakan metode BET dan GAB. Informasi tersebut diharapkan bermanfaat untuk pengembangan dan optimasi produk sehingga

dapat memprediksi umur simpan dan perubahan selama penyimpanan pada kelembaban relatif tertentu.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah jagung dari empat varietas yaitu Bisi, Pioneer, Srikandi dan Canggal. Bahan lain yang digunakan adalah senyawa garam untuk membuat larutan jenuh pada kadar air kesetimbangan, yaitu NaOH, $MgCl_2$, K_2CO_3 , $Mg(NO_3)_2$, KI, NaCl, KBr, KCl dan K_2SO_4 .

Pembuatan Tepung Jagung Instan

Pembuatan tepung jagung instan dilakukan menggunakan metode Aini dkk. (2010) yang dimodifikasi. Proses modifikasi terletak pada instanisasi, yaitu pengukusan butiran-butiran jagung sampai matang sebelum dikeringkan dan ditepung.

Penentuan Kadar Air Kesetimbangan

Penentuan kadar air kesetimbangan dilakukan dengan menempatkan sampel pada beberapa larutan garam (Menkov dan Durakova, 2007). Larutan garam dibuat dengan cara melarutkan garam-garam tertentu dalam aquades sampai terbentuk larutan garam jenuh. Garam-garam yang digunakan sebagai larutan garam jenuh untuk memberikan nilai a_w konstan adalah NaOH (0,082), $MgCl_2$ (0,327), K_2CO_3 (0,431), $Mg(NO_3)_2$ (0,528), KI (0,689), NaCl (0,752), KBr (0,809), KCl (0,843) dan K_2SO_4 (0,973). Masing-masing 10 gram sampel kemudian disimpan dalam desikator yang sudah diatur RH-nya menggunakan larutan-larutan garam jenuh tersebut. Larutan garam tersebut kemudian disimpan pada suhu 30°C. Setiap hari sampel tersebut ditimbang sampai tercapai *steady state*. Untuk bahan yang ditaruh pada RH rendah perubahan beratnya 3 kali penimbangan berturut-turut 2 mg/g, sedangkan untuk RH tinggi perubahannya 10 mg/g. Setelah konstan, sampel tersebut kemudian diukur kadar airnya menggunakan metode oven. Kadar air setimbang dihitung berdasarkan berat kering. Kesetimbangan dicapai selama 15-28 hari.

Penentuan Model Isotherm Sorpsi Air

Untuk menganalisis moisture sorpsi isotherm dengan metode BET, diplot grafik hubungan antara a_w vs $a_w/(1-a_w)$ sehingga didapat bentuk kurva linear. Berdasarkan kurva tersebut didapat persamaan $y = a + ba_w$,

dimana $y = aw/(1-aw)m$; dan $a = 1/m_0C = \text{intercept}$

Menurut model BET (Brunauer-Emmett-Teller), kadar air pada aktivitas air (a_w) tertentu dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$m = \frac{a_w m_o C}{(1 - a_w)[1 + a_w(C - 1)]} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: m_o adalah kadar air kesetimbangan, m adalah kadar air (basis kering) pada a_w tertentu, dan C adalah konstanta.

Untuk menganalisa kurva ISA menggunakan model matematik GAB, dibuat kurva kuadrat hubungan antara a_w dengan kadar air kesetimbangan (basis kering). Berdasarkan kurva tersebut, didapatkan persamaan yang dapat diubah menjadi bentuk persamaan kuadrat sebagai berikut: $a_w/m = \alpha a_w^2 + \beta a_w + \epsilon$.

dimana $\alpha = k/m_o [(1/C) - 1]$; sedangkan $\beta = 1/m_o (1 - 2/C)$ dan $\epsilon = 1/M_o Ck$

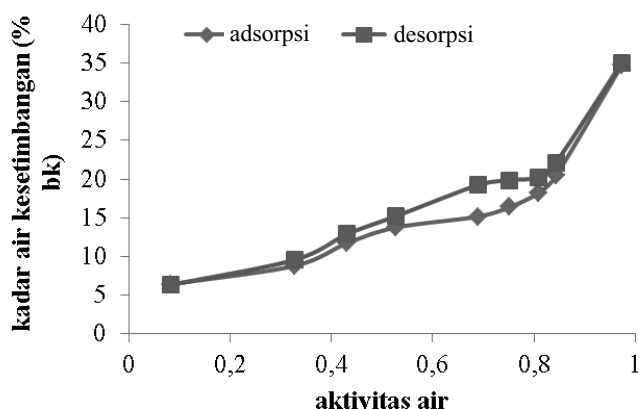
Menurut GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer), kadar air pada a_w tertentu dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$m = \frac{m_o k C a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + k C a_w)} \dots\dots\dots (2)$$

dimana m_o adalah kadar air kesetimbangan, m adalah kadar air (basis kering) pada a_w tertentu, dan C, k adalah konstanta.

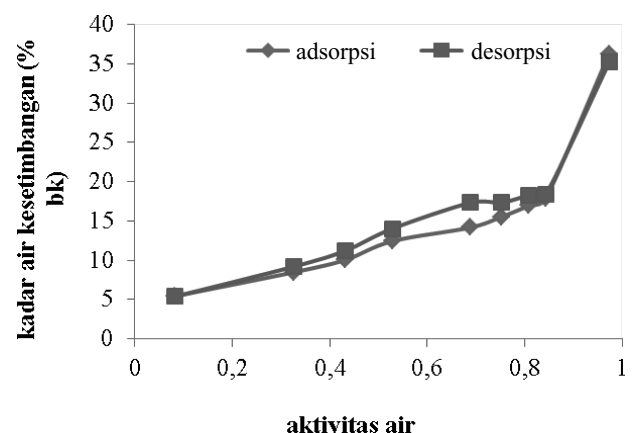
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1, 2 3 dan 4 masing-masing menunjukkan kurva isotherm adsorpsi dan desorpsi tepung jagung instan varietas Bisi, Pioner, Srikandi dan Canggal. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung mendekati tipe II, yaitu bentuk *sigmoid* atau seperti huruf S. Labuza (1984) mengklasifikasikan kurva isotherm sorpsi ke dalam 3 tipe, yaitu tipe I adalah tipe Langmuir, tipe II adalah bentuk sigmoid atau huruf S dan tipe III (Flory-Huggins) yang berbentuk seperti huruf J.



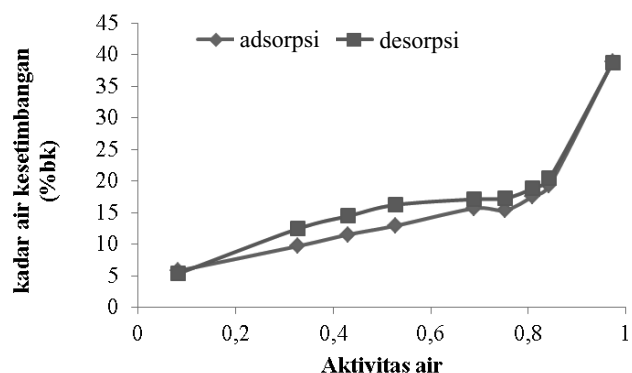
Gambar 1. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Bisi

Kurva isothermis sorpsi II yang berbentuk huruf S disebabkan pengaruh akumulatif dari ikatan hidrogen, Hukum Raoult, kapiler dan interaksi antara permukaan bahan dengan molekul air. Pada kurva tersebut terdapat dua lengkungan, lengkungan pertama pada a_w sekitar 0,2 sampai 0,4 dan yang lain pada a_w 0,7 sampai 0,8. Kedua lengkungan ini merupakan akibat perubahan sifat fisikokimia pengikatan air oleh bahan (Labuza, 1984). Pada kurva ISA tepung jagung, lengkungan pertama terdapat pada a_w 0,3 sampai 0,5 sedangkan lengkungan kedua terjadi pada a_w 0,7 sampai 0,85. Kondisi seperti ini juga terjadi pada biji jagung (Daniel dkk., 2012), semolina dan farina (Ociecek, 2007).



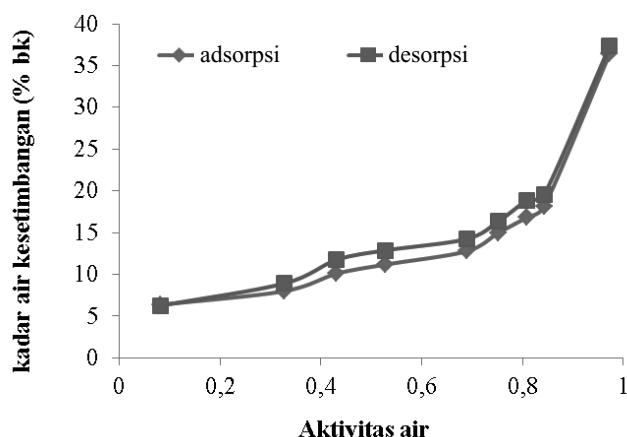
Gambar 2. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Pioneer

Kurva isotherm sorpsi air mempunyai bentuk sigmoidal pada banyak makanan, meskipun untuk makanan yang mempunyai kadar gula tinggi atau molekul terlarut rendah mempunyai kurva isotherm yang berbentuk J. Bahan makanan kering umumnya termasuk isothermis sorpsi tipe II, dan tepung jagung instan termasuk pada kelompok tersebut. Menurut Corzo dan Fuentes (2004), tepung kacang polong yang telah mengalami pemasakan juga mempunyai bentuk yang hampir serupa.



Gambar 3. Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung varietas Srikandi

Model sigmoid pada kurva moisture sorpsi isotherm tepung jagung ini sama dengan tepung kentang (Nurtama dan Lin, 2010), tepung wijen (Menkov dan Durakova, 2007) dan tepung kacang tunggak (Ayranci dan Duman, 2005). Bila dibandingkan dengan kurva isotherm sorpsi dari bahan pati-patian seperti pati jagung (Peng dkk., 2007), tapioka (Adebowale dkk., 2007), bentuk kurva isotherm tepung jagung dari empat varietas ini juga mendekati.



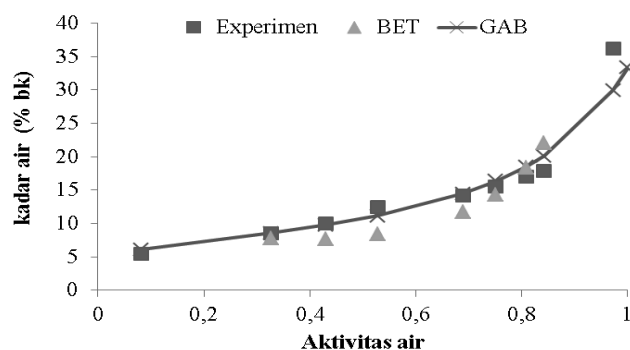
Gambar 4. Kurva isotherm sorpsi air (ISA)tepung jagung varietas Canggal

Data hubungan kadar air (M) dengan nilai a_w dari kurva isotherm sorpsi yang telah diperoleh kemudian diubah dalam persamaan matematis model GAB dan BET. Berdasarkan data tersebut, dihitung nilai m_0 , C dan k seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Nilai m_0 menggambarkan kadar air pada lapisan monolayer pada bahan. Kandungan air pada lapisan monolayer ini sangat penting dalam menentukan stabilitas fisik dan kimia bahan yang dikeringkan. Menggunakan model BET didapatkan kadar air monolayer 3,300 (Canggal) sampai 3,690 (Bisi); sedangkan menggunakan model GAB

didapatkan kadar air monolayer 5,725 (Canggal) sampai 7,323 (Bisi). Kadar air pada lapisan monolayer ini merupakan air terikat primer, yang tidak dapat berfungsi sebagai pelarut atau pemlastis. Air terikat primer ini merupakan bagian dari padatan karena air ini diabsorpsi pada sisi aktif bagian polar padatan (Al Muhtaseb dkk., 2002). Menurut Furmanik dkk., (2009), model BET lebih tepat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer yang diadsorpsi pada permukaan, sehingga kalau berdasarkan referensi ini maka kadar air pada lapisan monolayer tepung jagung instan sekitar 3,300 sampai 3,690.

Berdasarkan persamaan 1 dan 2 dibuat kurva ISA tepung jagung Pioneer, Bisi, Srikandi dan Canggal dari hasil percobaan dan prediksi model BET dan GAB sehingga didapat Gambar 5,6,7 dan 8.



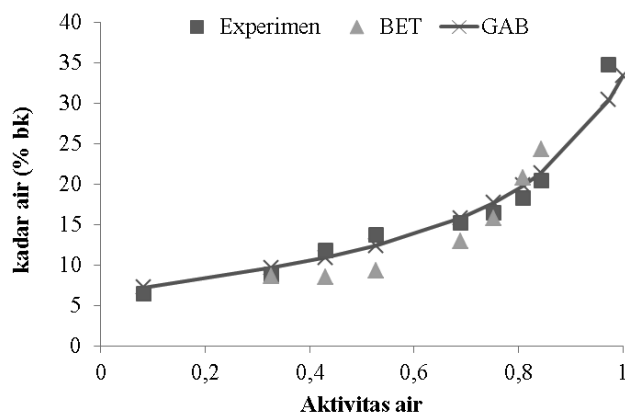
Gambar 5. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Pioneer berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Berdasarkan Gambar 5,6,7, dan 8, dapat dilihat bahwa kurva ISA tepung jagung instan berdasar percobaan mendekati prediksi GAB hampir pada semua aktivitas air. Hal ini seperti hasil penelitian Peng dkk. (2007) pada pati jagung, yaitu kurva isotherm pati jagung lebih dapat didekati menggunakan model GAB.

Tabel 1. Kadar air monolayer (m_0), konstanta (C , k) sesuai model GAB dan BET pada tepung jagung instan varietas Pioneer, Bisi, Canggal dan Srikandi

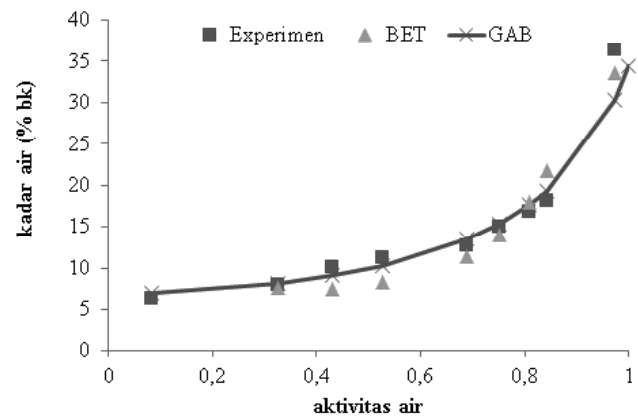
Parameter	GAB				BET			
	Pioneer	Bisi	Canggal	Srikandi	Pioneer	Bisi	Canggal	Srikandi
m_0	6,484	7,323	5,725	7,014	3,356	3,690	3,300	3,521
C	95,676	174,928	-104,759	180,503	-5,731	-5,646	-5,827	-5,358
K	0,806	0,781	0,834	0,790				

Keterangan: m_0 = kadar air monolayer, C dan k = konstanta



Gambar 6. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Bisi berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Moreira dkk. (2010) juga menyatakan bahwa model GAB dapat mewakili aw 0,0 sampai 0,94 dan berdasarkan pengujian pada biji-bijian ternyata model tersebut memiliki validitas yang tinggi. Model GAB mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan model BET yaitu memiliki latar belakang yang bersifat teoritis, dapat mendeskripsikan sifat sorpsi isothermis pada hampir semua bahan pangan pada kisaran aw $0,1 < a_w < 0,9$, mempunyai bentuk persamaan matematika yang sederhana dengan tiga parameter.



Gambar 8. Kurva moisture sorpsi isotherm tepung jagung Canggal berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

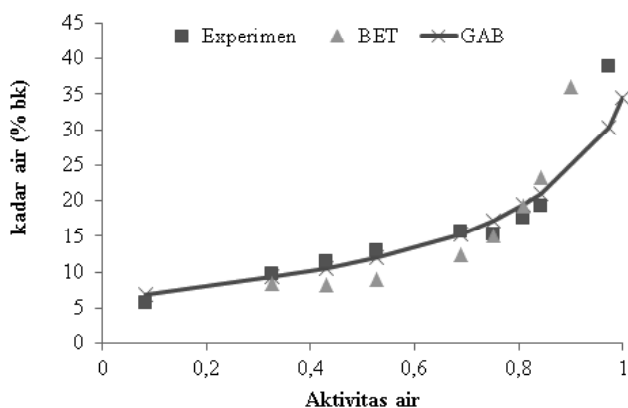
Berdasarkan Gambar 5 sampai 8 dapat dilihat bahwa model BET hanya tepat untuk menggambarkan kadar air tepung jagung instan pada aw 0,1 sampai 0,8. Hal ini sesuai dengan pernyataan persamaan model BET merupakan model yang paling luas digunakan dan paling tepat untuk diterapkan pada bahan pangan yang mempunyai kisaran aw tertentu yaitu 0,05 – 0,45 (Al Muhtaseb dkk., 2002; Furmanik dkk., 2009). Model ini dapat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer yang diadsorpsi pada permukaan. Kandungan air pada lapisan monolayer ini sangat penting dalam menentukan stabilitas fisik dan kimia bahan yang dikeringkan.

KESIMPULAN

Kurva isotherm sorpsi air (ISA) tepung jagung instan dari empat varietas mempunyai bentuk kurva *isotherm sigmoid* (tipe II). Kurva ISA tepung jagung berdasar percobaan mendekati prediksi model GAB hampir pada semua aktivitas air, berlaku untuk empat varietas tepung jagung yang digunakan. Model BET lebih tepat digunakan untuk menduga nilai lapisan air monolayer (air terikat primer) pada tepung jagung instan, dan nilai air terikat primer pada tepung jagung instan sebesar 3,3 sampai 3,69 persen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Ditlitabmas Dikti) yang telah memberikan dana penelitian melalui Riset Strategis Nasional 2012.



Gambar 7. Kurva isotherm sorpsi air tepung jagung Srikandi berdasar percobaan, prediksi GAB dan BET

Pada model GAB, parameter-parameter yang dimiliki mempunyai makna fisik proses sorpsi yaitu dapat menentukan nilai konstanta c dan K yang berhubungan dengan energi interaksi antara air dan bahan, serta nilai m_0 yang menunjukkan kadar air saat terjadi satu lapis molekul air dan mampu menggambarkan pengaruh suhu terhadap sorpsi isothermik dengan menggunakan persamaan Arrhenius. Model GAB ini dapat digunakan untuk penentuan kapasitas air terikat tersier.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, A.R., Sanni, L., Awonorin, S., Daniel, I. dan Kuye, A. (2007). Effect of cassava varieties on the sorption isotherm of tapioca grits. *International Journal of Food Science and Technology* **42**: 448-452.
- Al-Muhtaseb, A.H., Mc.Minn, W.A.M. dan Magee, T.R.A. (2002). Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. *Food and Bioprocess Technology* **80**: 118-128.
- Aini, N. dan Hariyadi, P. (2010). Gelatinization properties of white maize starch from three varieties of corn subject to oxidized and acetylated-oxidized modification. *International Food Research Journal* **17**: 961-968.
- Aini, N., Hariyadi, P., Muchtadi, T.R. dan Andarwulan, N. (2010). Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung putih dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* **XXI**: 18-24.
- Ayranci, E. dan Duman, O. (2005). Moisture sorption isotherms of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and its protein isolate at 10, 20 and 30. *Journal of Food Engineering* **70**: 83-91.
- Chanvrier, H., Colonna, P., Guy, D., Valle, G.D. dan Lourdin, D. (2005). Structure and mechanical behaviour of corn flour and starch-zein based materials in the glassy state. *Carbohydrate Polymers* **59**: 109-119.
- Corzo, O. dan Fuentes, A.I. (2004). Moisture sorption isotherms and modeling for precooked flours of pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp) and lima bean (*Canavalia ensiformis*). *Journal of Food Engineering* **65**: 443-448.
- Daniel, I.O., Oyekale, K.O., Ajala, M.O., Sanni, L.O., Okelana, M.A., Adetumbi, J.A., Akintobi, D.A.C. dan Adebisi, M.A. (2012). Moisture sorption in commercial hybrid maize (*Zea mays* L.) seeds during storage at ambient tropical conditions. *Research Journal of Seed Science* **5**: 32-37.
- Furmaniak, S., Terzyk, A.P., Golembiewski, R., Gauden, P.A. dan Czepirski, L. (2009). Searching the most optimal model of water sorption on foodstuffs in the whole range of relative humidity. *Food Research International* **42**: 1203-1214.
- Labuza, T.P. (1984). *Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurements in Use*. American Association of Cereal Chemist, St Paul, Minnesota.
- Menkov, N.D. dan Durakova, A.G. (2007). Moisture sorption isotherms of sesame flour. *Food Technology and Biotechnology* **45**: 96-100.
- Moraes, M.A., Rosa, G.S. dan Pinto, L.A.A. (2008). Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of apple Fuji and garlic. *International Journal of Food Science and Technology* **43**: 1824-1831.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M.D. dan Prieto, D.M. (2010). Water adsorption and desorption isotherms of chestnut and wheat flours. *Industrial Crops and Products* **32**: 252-25.
- Moreno R.C., Carrillo, J.M., Dorado, R.G., Lopez, O.P., Rodriguez, E.O.C, dan Tiznado, J.A.G. (2003). Instant flour from quality protein maize (*Zea mays* L): Optimization of extrusion process. *LWT - Food Science and Technology* **36**: 685-695.
- Nurtama, B. dan Lin, J. (2010). Moisture sorption isotherm characteristics of taro flour. *World Journal of Dairy and Food Sciences* **5**: 01-06.
- Ocieczek, A. (2007). Comparison of sorption properties of semolina and farina. *Acta Agrophysica* **9**: 135-145.
- Oyelade, O.J., Tunde-Akintunde, T.Y. dan Igbeka, J.C. (2008). Predictive equilibrium moisture content equations for yam (*Dioscorea rotundata* Poir) flour and hysteresis phenomena under practical storage conditions. *Journal of Food Engineering* **87**: 229-235.
- Peng, G., Chen, X., Wu, W. dan Jiang, X. (2007). Modeling of water sorption isotherm for corn starch. *Journal of Food Engineering* **80**: 562-567.
- Sandhu, K.S., Singh, N. dan Malhi, N.S. (2007). Some properties of corn grains and their flours I: Physicochemical, functional and chapati-making properties of flour. *Food Chemistry* **101**: 938-946.